



SJÄLVSTÄNDIGT ARBETE VID LTJ-FAKULTETEN

Trädgårdsingenjörsprogrammet – Odling
10 hp



Behovet av klimatregerling vid produktion av hallon i plasttunnel

Maria Ovesson

2009

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, LTJ

Författare:

Maria Ovesson

Titel:

Behovet av klimatreglering vid produktion av hallon i plasttunnel

The need of climatic control when producing raspberries in high tunnels

Program:

Trädgårdsingenjör

Huvudområde:

Hortikultur

Nyckelord:

Plasttunnel, *Rubus idaeus*, lufttemperatur, luftfuktighet, ljusinstrålning, klimatreglering

Handledare:

Birgitta Svensson. SLU, LTJ-fakulteten

Thilda Nilsson, Hushållningssällskapet Malmöhus

Examinator:

Helena Karlén. SLU, LTJ-fakulteten

Kurskod:

EX0364

Omfattning:

10 hp

Kurstitel:

Examensarbete för trädgårdsingenjörer

Nivå och fördjupning:

Grund AB

Utgivningsort:

Alnarp

Månad, År:

Mars, 2009

Serie:

Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten

Omslagsfoto:

Birgitta Svensson

FÖRORD

Jag vill ta tillfället i akt och tacka alla er som tagit sig tid att svara på mina frågor och som delat med sig av sina erfarenheter och sin kunskap. Utan er hade detta arbete inte kunnat bli till.

Jag vill också tacka mina handledare Birgitta Svensson, SLU och Thilda Nilsson, Hushållningssällskapet Malmöhus för att ni tagit er tid för handledningsmöten och för konstruktiva förslag till förbättringar. Jag sänder även en varm tanke till examinator Helena Karlén, SLU som bidragit med värdefulla och insiktsfulla kommentarer under arbetets gång. Till sist men inte minst vill jag tacka Mårten Persson för givande diskussioner och många uppslag.

Lund, mars 2009.

Maria Ovesson

SAMMANFATTNING

Vid produktion av hallon i plasttunnel blir det lätt höga temperaturer varma, soliga dagar. Kombinationen höga temperatur och låg luftfuktighet kan orsaka värme- och vattenstress samt öka angreppen av skadegörare. Syftet med arbetet är att göra en översikt av vilka möjligheter det finns att förbättra och anpassa klimatet i plasttunnlar under plantans vegetationsperiod samt utröna hur hallon (*Rubus idaeus*) påverkas av olika klimatfaktorer. Följande frågeställningar har varit vägledande: Vilken påverkan har lufttemperatur, luftfuktighet och ljusinstrålning på hallonplantors tillväxt och utveckling? Hur kan lufttemperatur, luftfuktighet och ljusinstrålning styras och mätas vid odling i plasttunnel?

Temperaturoptimum för vegetativ tillväxt verkar skilja sig något mellan sommar- och höstbärande hallonsorter. Korta dagar och låga temperaturer avstannar vegetativ tillväxt hos sommarbärande sorter och påbörjar blominitiering. För höstbärande sorter verkar dagslängden ha störst betydelse för blomutvecklingen. Utöver luftning finns det flera metoder att reglera klimatet på i plasttunnlar. Utvändig sprinkling av plastfolien, dimdysning, egenskaper hos olika sorters plastfolier, skuggväv eller skuggfärg kan var för sig eller i kombination bidra till att sänka lufttemperaturen. Odlare idag använder sig främst av luftning kompletterad med dimdysning.

SUMMARY

On warm, sunny days the temperature easily rises high when producing raspberries in high tunnels. The combination of high temperature and low humidity stresses the plant and increase the incidence of different pests. The aim of this thesis is to examine the possibilities to improve and adjust the environment in high tunnels during the vegetative phase of raspberries (*Rubus idaeus*) and to examine how raspberries are affected by different climatic conditions. The following questions are used as guidance – How do temperature, humidity and light affect the growth and development of raspberries? How can temperature, humidity and light be modified and measured when using high tunnels?

The temperature optimum for vegetative growth seems to differ between primocane and floricanes raspberries. With floricanes short days and low temperatures stop vegetative growth and start flower initiation. With primocanes photoperiod seems to affect flowering. In addition to natural ventilation there are several methods to control the climate in high tunnels. Outside irrigation, fogging, different plastic films, shadow net or shadow paint could be used individually or in combination to lower the temperature. Today growers use natural ventilation alone or natural ventilation complemented with fogging.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING.....	7
1.1. Bakgrund	7
<i>1.1.1. Plasttunnel</i>	7
<i>1.1.2. Klimat och växtfysiologi</i>	8
<i>1.1.3. Hallon (Rubus idaeus)</i>	10
<i>1.1.4. Produktion av hallon i plasttunnel</i>	11
1.2. Syfte & frågeställningar	14
1.3. Avgränsningar	14
2 MATERIAL & METOD.....	14
3 RESULTAT	16
3.1. Optimala klimatförhållanden för hallon	16
3.2. Hur kan klimatet regleras vid odling i plasttunnel?	18
<i>3.2.1. Luftning</i>	18
<i>3.2.2. Utvändig sprinkling</i>	19
<i>3.2.3. Dimdysning</i>	19
<i>3.2.4. Plastfolie</i>	19
<i>3.2.5. Skuggväv och skuggfärg</i>	20
<i>3.2.6. Givare – vad är viktigt!</i>	21
3.3. Erfarenheter från tunnelodling i Norden	21
<i>3.3.1. Lite fakta</i>	22
<i>3.3.2. Varför välja plasttunnel?</i>	22
<i>3.3.3. Skötsel</i>	22
<i>3.3.4. Klimatet, då?</i>	23
4 DISKUSSION.....	24
5 SLUTSATS.....	27
REFERENSER	29
BILAGOR.....	32
Bilaga 1 - Energi, fukt & ljus	
Bilaga 2 – Frågeguide	

1 INLEDNING

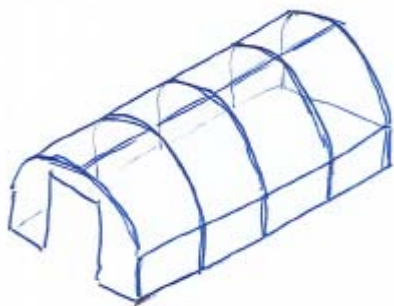
Under min utbildning har jag vid några tillfällen varit i kontakt med hortonom Thilda Nilsson, Hushållningssällskapet Malmöhus. När det blev dags att göra examensarbete vände jag mig till Thilda för att få förslag på intressanta områden. Thilda berättade att flera svenska hallonodlare håller på att lägga om sin produktion från friland till plasttunnel. Sedan tidigare är det känt att temperaturen lätt blir för hög i tunnarna soliga dagar – vilket kan orsaka vatten- och värmestress hos plantorna och gynna förekomsten av olika skadegörare. Att undersöka möjligheterna att reglera klimatet i plasttunnlar och även se hur klimatet påverkar hallonplantans tillväxt och utveckling skulle därför vara ett område att vidareutveckla inom ramen för ett examensarbete. Så blev det och här kommer resultatet!

1.1. Bakgrund

1.1.1. Plasttunnel

I Asien, Sydeuropa och Mellanöstern har plasttunnlar använts för produktion av grönsaker, frukt och blommor under årtionden. De absolut största arealerna finns i Kina följt av Spanien och Japan. Gurka, tomat, paprika, melon och jordgubbar är de vanligaste grödorna (Lamont, 2009). I tempererade klimat är odling i plasttunnel ett sätt att förlänga säsongen och skydda grödan från vind, regn och hagel (Carey et al., 2009). Under de senaste tio åren har plasttunnel blivit allt vanligare i Norden vid produktion av bär.

Till skillnad från växthus anses plasttunnlar vara en mobil konstruktion. I sin enklaste form består tunneln av bågar av stål eller annat material överdragna med plastfolie. Vanligtvis saknas både elinstallation och värme- eller ventilationssystem i plasttunnlar. Dock brukar det finnas någon form av bevattningssystem. Droppbevattning är vanligast (Lamont, 2009). Möjligheten att styra klimatet i plasttunnlar är således väldigt begränsad och luftning i olika omfattning är det vanligaste alternativet. Plastfolien dras på vid behov och hur länge den är på beror på vilken kultur som odlas och vad som önskas uppnå. I områden där vintern medför snöfall och kraftiga vindar tas plastfolien vanligtvis av.



Figur 1. Skiss av plasttunnel

I det här arbetet används begreppet plasttunnel synonymt med vad som brukar kallas höga tunnlar (high tunnels). I Norden används vid bärproduktion huvudsakligen plasttunnlar från Haygrove tunnels, Viking tunnels och Dahlén. Gemensamt för dessa tunnlar är att plasten på gavlarna såväl som sidorna kan tas bort. Plastfolien som ligger över bågarna (taket) kan också lossas och föras in mot mitten av konstruktionen. Tunnlarna är vanligtvis 8 meter breda, de har mellan 0,9-1,2 meter höga sidor och är 3,5-4 meter höga. Teleskoptunnel är en variant där benen kan höjas/sänkas. För stabilitetens skull rekommenderar tillverkarna att minst tre tunnlar är ihopkopplade bredvid varandra.

1.1.2. Klimat och växtfysiologi

För att förstå hur lufttemperatur, luftfuktighet och ljusinstålning samverkar i en plasttunnel och hur de påverkar olika växtfysiologiska processer är det viktigt att känna till grundläggande teorier kring energi, fukt och ljus. I bilaga 1 finns därför detta beskrivet.

Lufttemperaturen i en plasttunnel påverkas framför allt av strålningen från solen, växternas respiration och graden av luftning. Luftfuktigheten brukar anges som relativ luftfuktighet¹ (RH). Relativ luftfuktighet varierar med lufttemperaturen och är generellt lägre på sommaren och högre under höst, vinter och vår. Det beror på att varm luft kan hålla mer vattenånga. Av samma anledning brukar den relativa luftfuktigheten öka nattetid när luften kyls. Ljusstrålning består av direkt solstrålning (klara dagar) och reflekterad strålning (molniga dagar). Hur mycket ljus som når växterna beror på graden av absorption, reflektion och transmission –

¹ Relativ luftfuktighet anger förhållandet mellan luftens ånghalt (hur mycket vatten i form av vattenånga som luften innehåller) och dess maximala ånghalt.

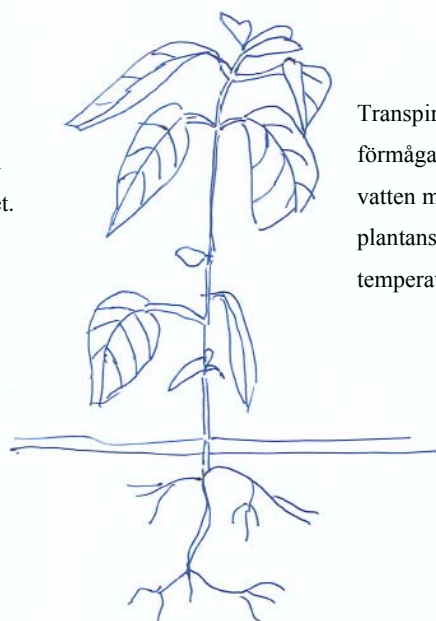
och varierar med breddgrad, årstid, väder och vilken typ av plastfolie som används.

Ljusstrålningen absorberas av plantor och objekt i tunneln och förvandlas till värmeenergi.

De grundläggande processerna i växter – fotosyntesen, respirationen och transpirationen – påverkas i varierande omfattning av temperatur, luftfuktighet och ljusinstrålning.

Fotosyntensen är den process där plantan omvandlar koldioxid och vatten till kolhydrater och syre med hjälp av solljuset.

Respirationen omvandlar kolhydrater till energi för att underhålla metabolismen och bilda biomassa.



Transpirationen påverkar plantans förmåga att ta upp näringsämnen och vatten men är också viktig för plantans förmåga att reglera temperaturen.

Figur 2. Beskrivning av fotosyntesen, respirationen och transpirationen.

Fotosyntesen drivs av solljuset. För lite ljus begränsar tillväxten på grund av sämre fotosyntes. För mycket solljus värmer plasttunnlar och plantor till för höga temperaturer. Fotosyntesen minskar vanligtvis vid temperaturer över 30°C. Starkt solljus kan också orsaka brännskador på blad och frukter.

Respirationen är den process där energirika organiska föreningar bryts ner. Energin som frigörs används för att upprätthålla plantans livsprocesser och ackumulera biomassa. En stor del av den frigjorda energin utgörs av värmeenergi som värmer luft och mark. Hos flertalet växter minskar tillväxttakten vid temperaturer över 30°C eftersom respirationen använder kolhydrater snabbare än de tillverkas i fotosyntesen. För de flesta växtslag är 20-30°C optimum för

produktiviteten. Produktivitet är nödvändigtvis inte detsamma som maximal tillväxt (Preece & Read, 2005).

Luftfuktigheten påverkar växtens transpiration direkt och därmed dess förmåga att ta upp näringsämnen. Eftersom transpirationen är viktig för växtens temperaturreglering kommer luftfuktigheten också att påverka växtens förmåga att reglera temperaturen. För låg luftfuktighet kan orsaka vattenstress om plantan inte kan suga upp lika mycket vatten som den transpirerar. Vid vattenbrist stänger plantan sina klyvöppningar vilket gör att planttemperaturen stiger. Med stängda klyvöppningar kan plantan inte ta upp koldioxid och tillväxten stannar. För hög luftfuktighet kan orsaka näringsbrist pga. för liten transpiration och kondensation på växten vilket främjar svampsjukdomar (Ingram et al., 2002).

Klimatförhållanden i tunneln varierar mycket beroende på hur luften rör sig i tunneln, vilket i sin tur påverkar plantornas gasutbyte och då speciellt transpirationen och fotosyntesen. Luftrörelserna beror till stor del på ventileringen (Boulard et al., 1999).

1.1.3. Hallon (*Rubus idaeus*)

Hallon är en art inom familjen rosväxter. Det är en halvbuske med ett flerårigt rotsystem och tvååriga skott. Hallon förekommer naturligt i Europa, Asien och Nordamerika. Den växer främst på steniga platser och hyggen. Beroende på vad som krävs för att blomning ska ske delas hallon in i sommar- och höstbärande sorter.

Sommarbärande hallonsorter ger frukt på andraårsskotten, dvs. de laterala skott som växer ut från huvudskottets bladveck. Bildandet av blomknoppar initieras av korta dagar² och svala temperaturer (under 13°C enligt Williams, 1960 i Dale, 2008). Blominduktion kan även initieras av långa dagar förutsatt att temperaturen är 10°C eller mindre. Hos vissa sorter sker blominduktion när skotten når en viss höjd oavsett ljusförhållanden (Dale, 2008). För att blomknopparna ska bryta är det nödvändigt med vila under en viss period. Till exempel behöver Tulameen 800 timmar med en temperatur mellan -2 och 5°C för att bryta vilan (Koester & Pritts, 2003). Samtidigt bör inte vara för kallt eftersom rotsystemet är känsligt för frysskador och längre perioder med låga temperaturer kan skada plantan. Nedre gränsvärden skiljer sig åt i litteraturen och är säkerligen sortberoende – men uppges vara mellan -6°C och -11°C.

² Dagslängd (fotoperiod) styr flera viktiga processer hos växter däribland blomningen. Kort dag innebär för bl.a. Glen Ample att dagslängden är kortare än 15 timmar (Sønsteby, 2009b).

Det tar mellan en och två månader från knoppsprickning till blomning. Tiden varierar med temperaturen och hur kallt det varit under vilan. Blommorna är självfertil. Från blomningen tar det 30-45 dagar för frukterna att utvecklas, beroende på sort och klimatförhållanden. Hur många frukter som bildas beror på skottets vitalitet och klimatförhållandena på hösten vid blominduktionen.

Höstbärande hallonsorter blommar och ger skörd i toppen på årsskotten. Skotttillväxt kräver höga temperaturer och långa dagar. Blomknoppsbildandet initieras när skotten når en viss mognad. Om skotten sparas till följande år utvecklas blommor/frukt på den nedre delen av skotten. Bildandet av dessa blomknoppar antas vara beroende av korta dagar på samma sätt som hos sommarbärande hallonsorter (Koester & Pritts, 2003). Vanligtvis avlägsnas skotten efter avmognad, antingen under sen höst eller på våren.

1.1.4. Produktion av hallon i plasttunnel

Plasttunnel kan med fördel användas för förbättrad bärkvalitet. Det är även ett sätt att förlänga säsongen, dvs. ge tidigare skörd på sommaren och senare skörd på hösten. Skördeökningar är också möjliga då skotten blir längre och det bildas fler laterala skott med bär.

Leveranssäkerheten och arbetsmiljön blir bättre eftersom det är möjligt att skörda oavsett väderlek (Heidenrich et al., 2007). Plasttunnlar kan även användas för produktion av longcanes³ vilket visas i studier av Heiberg & Lunde (2008) och Pitsioudis et al. (2002). Det kan även vara ett sätt att odla sorter som normalt inte skulle hinna mogna under rådande klimatförutsättningar (Demchak, 2009).

Vanligtvis står det tre enkelrader hallon i en tunnel. Enligt Nina Heiberg är det viktigt med ett radavstånd på 2,5-3 meter för att ljustillgången ska bli tillräcklig (Daamgard Petersen, 2007). Eftersom det saknas naturlig nederbörd är det nödvändigt med bevattning. Om plasttunnel används för tidig produktion kan det vara nödvändigt med humlor för pollineringen.

Vid odling av sommarbärande hallonsorter är det viktigt att tänka på att följande års blombärande skott har sin tillväxtperiod samtidigt som de laterala skotten på huvudskotten ger bär. Det gäller att finna en strategi som ger en bra avvägning mellan nya skott och fruktbärande skott. På friland är det vanligt att spruta med bladverkande herbicider för att få bort de nya skotten i början på säsongen. I vilken omfattning denna metod används i plasttunnel är okänt. En

³ Longcanes är en produktionsfärdig planta som kylförvarats. Den kan planteras och ge skörd samma år.

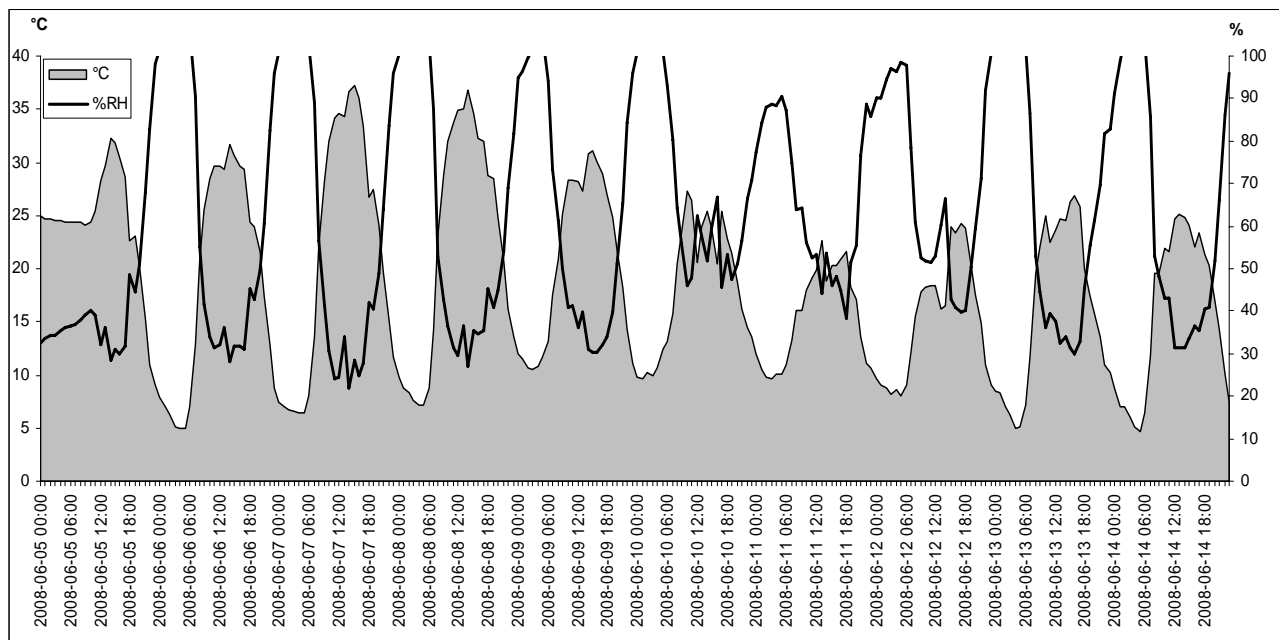
annan metod är att klippa ner skotten tills skörden påbörjas. Ytterligare en metod är att skörda vartannat år⁴.

Inom yrkesodlingen i Norden odlas för närvarande framför allt de sommarbärande sorterna Glen Ample, Algonquin och Tulameen samt de höstbärande sorterna Polka och Autumn Bliss.

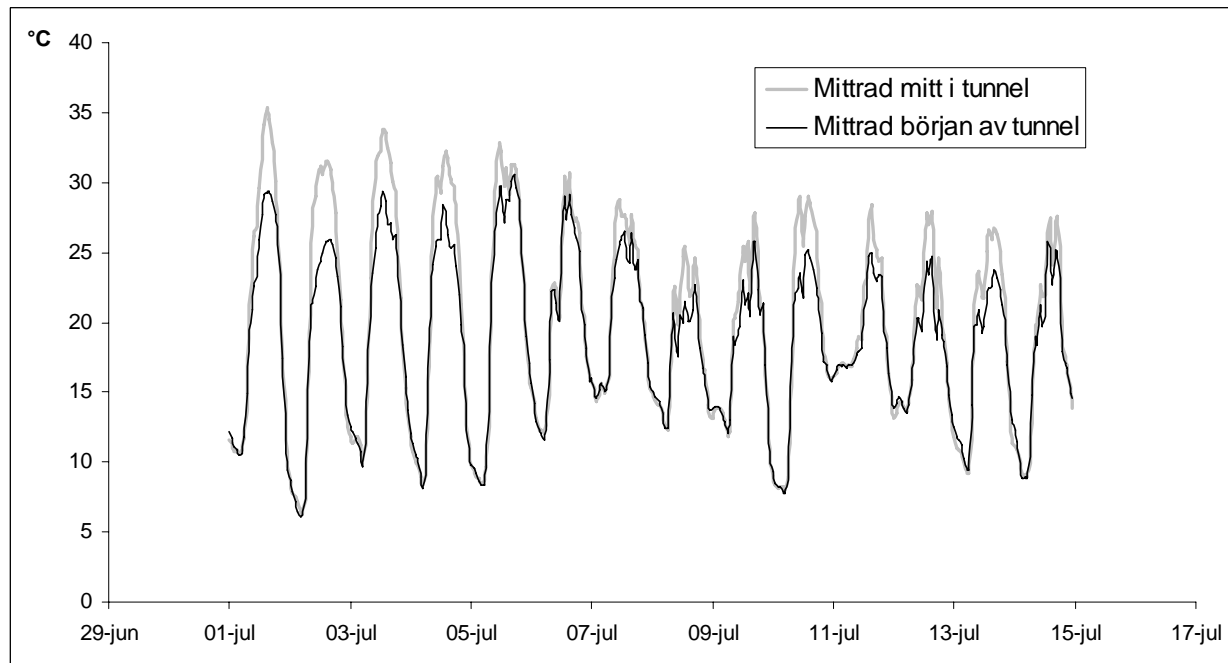
Under varma, soliga dagar blir det lätt mycket höga temperaturer i plasttunnlar. Figur 3 visar hur lufttemperatur och relativ luftfuktighet varierar över dygnet under en tiodagarsperiod i juni månad. Svängningarna i lufttemperatur såväl som relativ luftfuktighet är stora. Temperaturer på uppemot 35°C dagtid växlar till natterperaturer på 5-7°C. Den relativa luftfuktigheten varierar från 30% RH dagtid till 100% RH nattetid. Lufttemperaturen skiljer sig åt mellan olika platser i plasttunnel. I figur 4 syns skillnader på 5-6°C i en och samma plasttunnel.

Att försöka kontrollera klimatet i plasttunneln är alltså essentiellt för att hålla plantorna vid god vigör och undvika stress. Det är också viktigt för att hålla angrepp från skadedjur och svampsjukdomar i schack. Speciellt luftfuktigheten är en viktig parameter för utveckling av svampsjukdomar och skadedjur. Hög luftfuktighet och temperaturer runt 20°C ökar risken för gråmögelangrepp. Låg luftfuktighet och höga temperaturer framkallar vattenstress hos växten vilket medför ökade risker för angrepp av växthusspinnkvalster och bladlöss. Varma, torra dagar följda av fuktiga nätter gör att risken för mjöldagg ökar (Heiberg, 2008) Ytterligare ett problem vid odling i plasttunnel är att det starka solljuset kan ge skador i form av solbränna på bären.

⁴ Metoden innebär att alla nya skott tas bort det året som plantorna ger skörd.



Figur 3. Lufttemperaturer och relativa luftfuktighet under en åttadagarsperiod i juni 2008. Värdena kommer från en plasttunnel i Skåne (Svensson, 2009). Att den relativa luftfuktigheten är över 100 % antas bero på att givarna blivit för blöta och överreagerat.



Figur 4. Skillnad i lufttemperatur. Givarna har suttit på 1,5 meters höjd i mittraden – i början på tunneln (3-4 m) och mitt i tunneln (100 m). Temperaturen är mätt i mellersta tunneln i en rad av tre tunnlar. Värdena kommer från en plasttunnel i Skåne (Svensson, 2009).

1.2. Syfte & frågeställningar

Syftet är att göra en kunskapsöversikt av vilka möjligheter det finns att förbättra och anpassa klimatet i plasttunnlar (under vegetationsperioden) samt utröna hur hallon (*Rubus idaeus*) påverkas av olika klimatfaktorer. Tanken är att arbetet ska utmynna i en praktisk vägledning för yrkesodlare. Följande frågeställningar har fungerat som en riktlinje för arbetet:

- Vilken påverkan har lufttemperatur, luftfuktighet och ljusinstrålning på hallonplantors tillväxt och utveckling?
- Hur kan lufttemperatur, luftfuktighet och ljusinstrålning styras och mätas vid odling i plasttunnel?

1.3. Avgränsningar

Klimatet i en plasttunnel påverkas naturligtvis av en rad andra faktorer än de jag undersöker. Rad- och plantavstånd, eventuell marktäckning och typ av marktäckning samt bevattningsstrategi och marktemperatur är några faktorer som kan nämnas. Likaså har tunnelns längd samt placering i förhållande till väderstreck, dominerande vindriktning, byggnader osv. betydelse för klimatet.

Framställningen är i möjligaste mån fokuserad på såväl sommar- som höstbärande hallonsorter. De undersökningar som används i arbetet är genomförda på specifika sorter, men på goda grunder antar jag att det finns en viss generaliserbarhet.

Förekomsten och mottagligheten hos hallon för olika skadegörare är starkt påverkad av framförallt lufttemperatur och luftfuktighet. På grund av arbetets begränsade omfattning har det inte varit möjligt att inkludera nämnda faktorer i arbetet.

2 MATERIAL & METOD

För att sätta mig in i ämnet och finna relevant forskning inleddes arbetet som en litteraturstudie. Eftersom produktionen av hallon är koncentrerad till Europa och Nordamerika höll jag mig inom dessa geografiska begränsningar vid sökningar i databaser och dylikt. För att få en bild av hur

produktion i plasttunnel går till i praktiken kontaktade jag svenska och norska odlare med erfarenhet av tunnelodling och odling i växthus. Dessutom kontaktade jag forskare inom växtfysiologi, tunneltillverkare och företag specialiserade på växthusteknik för kompletterande material inom området.

Av mina handledare fick jag några namn på, för dem kända, personer med erfarenheter från tunnelodling. Det var en liten skara med varierande erfarenhet av olika kulturer och skiftande areal och antal år med plasttunnel. Då tunnelodling är en relativt ny företeelse i Sverige, speciellt när det gäller hallon, är det flera odlare som har erfarenhet från jordgubbsodling. Det innebar förstås att flera intervjuer fokuserade mer på hur det är att odla i plasttunnel generellt än hur det är att odla hallon i plasttunnel. Under arbetets gång fick jag namn på ytterligare personer som odlar i plasttunnel. Tyvärr fanns det inte tid till att kontakta dem. Det har alltså inte funnits några urvalskriterier utan jag intervjuade de odlare som jag kände till då arbetet påbörjades. Sammanlagt kontaktades sju odlare per telefon eller mail. Kvalitativa intervjuer genomfördes med fem odlare och två odlare hade jag mailkontakt med.

Vid intervjuerna utgick jag från en frågeguide (bilaga 2). Kvalitativa intervjuer har enligt Patel & Davidson (2003) alltid en låg grad av standardisering och strukturering. I detta sammanhang passade det bra med en låg grad av standardisering eftersom det gav mig ett stort utrymme att anpassa frågorna efter intervjupersonen och samtalssituationen. Att struktureringen är låg innebär att intervjupersonen haft stor frihet att tolka frågorna utifrån sin egen erfarenhet.

Intervjuerna genomfördes vid personliga möten eller per telefon. Varje intervju tog mellan 20 minuter och 1 timme. Intervjusvaren antecknades då det inom arbetets omfattning inte hade funnits tid att skriva ut inspelade intervjuer. I den följande framställningen är intervjusvaren naturligtvis avidentifierade. Följande personer intervjuades:

Anna-Karin Nilsson, Eriksgården. Odlar hallon och jordgubbar i tunnel.

Bitte Wilsson-Sjöberg, Forserum. Odlar jordgubbar i tunnel.

Hans Torstensson, Hans Torstensson i Ullstorp AB. Odlar hallon och jordgubbar i tunnel.

Johnny Nilsson, Ingelstorp Trädgård AB. Odlar hallon i växthus.

Per-Olov Nilsson, Hallands Bär AB. Odlar jordgubbar i tunnel.

Dessutom hade jag mailkontakt med två norska odlare, varav en producerar hallon i plasttunnel.

3 RESULTAT

Det här kapitlet är indelat i tre delar. Den första delen redovisar vilka klimatförhållanden som gynnar hallonplantans tillväxt och utveckling. Därefter redovisas olika metoder som kan användas för att påverka klimatet i plasttunnlar. Slutligen redovisas olika odlares erfarenheter från produktion i plasttunnel.

3.1. Optimala klimatförhållanden för hallon

Tillväxtcyklerna mellan sommar- och höstbärande hallonsorter skiljer sig åt och är säsonsberoende. Sommarbärande sorter har en vegetativ tillväxtfas följt av blominitiering, vila och knoppbrytning. För att blominitiering och vila ska komma till stånd krävs förhållanden med låga temperaturer och/eller korta dagar. Som Sønsteby & Heide (2008) visar har sommarbärande sorter dessutom en juvenil⁵ fas vilket innebär att blominitiering inte kan ske förrän 15-20 blad har bildats. Knoppbrytning sker när en viss kylpoäng har uppnåtts. Höstbärande sorter har en vegetativ tillväxtfas följt av blomning och fruktsättning – allt under samma växtsäsong. Carew et al. (2001) har visat att höstbärande sorter saknar en juvenil fas och blominitiering kan ske redan efter 5 blad (cf Sønsteby & Heide, 2008).

För sommarbärande hallonsorter antas den optimala temperaturen för vegetativ tillväxt vara mellan 20-22°C (Pritts, 2002). Vad som händer vid högre temperaturer är förhållandevis okänt. Nina Heiberg (2009) har noterat att vid odling av sommarbärande hallon i plasttunnel krävdes högre värmesumma för att få mogna bär jämfört med plantor odlade på friland. Heiberg antar att det beror på höga temperaturer (över 35°C vid ett flertal tillfällen) som bromsar utvecklingen – pga. att vattenstress får klyvöppningarna att stänga och fotosyntesen att avstanna.

Samverkan mellan korta dagar och låga temperaturer gör att tillväxten avstannar hos Glen Ample (Sønsteby & Heide, 2008). Blominitiering sker också under förutsättning att det juvenila stadiet passerats. I annat fall går plantan i vila direkt. Oavsett hur lång dagslängden är måste temperaturen vara under 15°C för att den vegetativa tillväxten ska avstanna och blominitieringen påbörjas. Studier antyder att ju tidigare på hösten temperaturerna blir lägre än 15°C desto längre

⁵ Juvenil betyder att växten ännu inte är fortplantningsmogen, dvs. den kan inte bilda blommor.

tid har plantan på sig att bilda blomknoppar innan den går i vila. Det resulterar i fler bär och fler bär per lateralt skott året efter (Sønsteby, 2009b).

Vad gäller höstbärande sorter har Carew et al. (1999) i ett försök med Autumn Bliss visat att utvecklingen av noder gick snabbast vid ca 22°C vid en dagslängd på 16 timmar. Vid högre temperaturer saktade tillväxten ner vilket tyder på att högre temperaturer är suboptimalt för vegetativ tillväxt. Tiden från knoppbildning till moget bär ökade också med stigande temperaturer och vid 22°C gick processen som snabbast.

I ett annat försök med Autumn Bliss undersöks hur vegetativ tillväxt och blomningstid påverkas av temperatur, ljusintensitet och dagslängd (Carew et al., 2003). Stigande temperaturer (upp till 24°C) ökar tillväxttakten och påskyndar tiden för blomning. Dagslängden har ingen påverkan på tillväxttakten. Däremot sker blomning tidigare vid 11 och 14 timmars dagslängd, än vid kortare eller längre dagslängd. Längre dagslängd verkar försena tiden för blomning. Ljusintensiteten har också positiv effekt på tiden för blomning.

I ett opublicerat försök av Anita Sønsteby (2009a) undersöks vegetativ tillväxt och blomning hos Polka. Blomutvecklingen sker snabbare och antalet blommor blir fler med stigande temperaturer, upp till optimala 27°C. Denna temperatur var också optimal för vegetativ tillväxt. Försöket genomfördes vid jämna temperaturer vid två dagslängder – 10 och 24 timmar.

Vad gäller luftfuktigheten visar erfarenheter från Norge (Heiberg, 2008) att den bör vara mellan 60-75 % RH. Då biologisk bekämpning (spinnrovkvalster) används är det extra viktigt att försöka kontrollera luftfuktigheten eftersom rovkvalsternas ägg dör under 60 % RH. Vid högre temperaturer (20-25°C) anses det vara optimalt med 85 % RH.

I Norge rekommenderas odlare att undvika temperaturer över 23-24°C vid odling av sommarbärande hallonsorter i plasttunnel, då högre temperaturer (>28°C) antas stressa plantan och bromsa utvecklingen (Heiberg, 2009). Det finns inte några liknande rekommendationer för höstbärande sorter, men Sønsteby (2009a) och Carew et al. (1999, 2003) påvisar i sina försök att tillväxttakten ökar och blomutveckling går snabbare vid stigande temperaturer (22-27°C). Tiden från knoppbildning till moget bär gynnas också av stigande temperaturer.

3.2. Hur kan klimatet regleras vid odling i plasttunnel?

Lufttemperaturen har stor betydelse för den vegetativa tillväxten och blomning. Luftfuktigheten är viktig att påverka för att hålla transpirationen inom vissa gränser och förhindra kondensation på plantorna. Ljusinstrålningen är essentiell för en väl fungerande fotosyntes. För att motverka de problem som kan uppkomma vid för höga lufttemperaturer, stark solstrålning och för hög/låg luftfuktighet är det viktigt att försöka reglera klimatet.

3.2.1. Luftning

Plasttunnlar luftas genom att öppna tunnelgavlarna, rulla upp tunnelsidor och tak – allt efter behov (se bilder). Såväl lufttemperatur som luftfuktighet regleras på detta sätt. Dessutom ger det ett naturligt inflöde av koldioxid vilket behövs för fotosyntesen (Castilla & Montero, 2008). Flera faktorer påverkar hur effektiv luftningen blir. Studier visar att luftningen blir mest effektiv när tunnlaras långsida är placerade parallellt med vindriktningen (Roy & Boulard, 2005). Kortare tunnlar ger normalt större kanteffekter och påverkar lufrörelserna i tunneln vilket kan göra luftningen mer effektiv. Att använda andra sorters plasttunnlar, typ Filclair och Richel med ventilationsluckor i taket kan ge bättre skorstenseffekt⁶. För att underlätta luftningen kan upprullningen av sidoplasten automatiseras. Plasttunnlarnas storlek påverkar luftvolymen, vilken är viktigt eftersom den fungerar som en buffert mot snabba temperatursvängningar.



Figur 5. Tunnel som luftas.

Bild: Birgitta Svensson.



Figur 6. Tunnel med uppdragen takplast.

Bild: Birgitta Svensson.

⁶ Skorstenseffekten beror på skillnader i lufttemperatur. Varm luft stiger uppåt för att den är lättare än kall luft. När den varma luften stiger uppåt kommer kall luft in nertill.

3.2.2. Utvändig sprinkling

Att använda sig av slagpendelspridare för utvändig sprinkling bör enligt Jonas Möller Nielsen (2009) kunna sänka lufttemperaturen i plasttunnlar med några grader. När vattnet träffar den varma plastfolien avdunstar vattnet och det bildas en film av luftfuktighet närmast plasten som reflekterar ljusinstrålningen. Det är dock viktigt att plasttunnlarna luftas samtidigt för att värmen ska kunna transporteras bort. Metoden påverkar i första hand lufttemperaturen men den relativa luftfuktigheten höjs också eftersom temperaturen blir lägre.

3.2.3. Dimdysning

Med hjälp av dimma påverkas den absoluta luftfuktigheten. Lufttemperaturen blir lägre då förångningen som sker när dimman tillförs luften kräver energi. Dimsystem (Fogger) anses vara en effektiv metod att förhindra vattenstress vid växthusodling. Vid växthusodling är systemet vanligtvis automatiserat och styrs efter bland annat lufttemperatur, relativ luftfuktighet och ljusinstrålning. Manuell styrning är naturligtvis också möjlig, efter antingen tidsintervall eller lufttemperatur och/eller relativ luftfuktighet. Vid de tillfällen när plasttunneln är maximalt luftad kan det, enligt Anders Westlund (2009) på Aquadrip, vara en fördel att använda dimma då vattnet har en direktverkande kyleffekt på bladen samtidigt som den relativa luftfuktigheten ökar.

3.2.4. Plastfolie

Plastfolie kan användas i enkla eller dubbla lager. Vid dubbla lager finns en isolerande luftspalt mellan lagren. Polyeten är det vanligaste materialet. Folien är uppbyggd av tre skikt, två skikt av polyeten och ett skikt av etenvinylacetat (EVA)⁷. Till plasttunnlar används ofta en tjocklek på 0,15 mm (150 µm). Vid val av plastfolie är det främst två egenskaper som är viktiga: ljustransmission (ljusgenomsläppligheten) och U-värdet. Ljustransmission anger hur stor andel av ljuset som går igenom plasten medan U-värdet anger hur mycket värmeenergi⁸ som passerar plastfolien. För polyeten gäller ett omvänt förhållande mellan ljustransmission och U-värde. Ju lägre ljustransmission desto högre U-värde (Papaseit et al., 1997).

⁷ Det finns också plastfolier av enbart EVA som enligt uppgift från Dahlén (2009) håller sig klarare längre än polyeten. Jämfört med polyeten är EVA mer känslig för mekaniska skador och är svårare att reparera, men håller sig klar längre.

⁸ Värmeflödet orsakas av värmekonvektion och värmeledning, se vidare förklaring i bilaga 1.

I tabell 1 visas hur egenskaperna skiljer sig åt mellan vanlig polyeten och Luminance THB. Luminance THB är en diffuserande plastfolie som dessutom blockerar IR-strålning⁹. Enligt uppgifter på tillverkarens (BPI Agri, 2009) hemsida minskas lufttemperaturen med minst 4°C vid temperaturer över 25°C.

Det finns ett stort antal plastfolier med skiftande egenskaper. Diffuserande plastfolier omvandlar direkt strålning till diffus strålning, vilket innebär att strålningen kommer från alla håll. Studier (Hemming et al., 2008) visar att reflekterat ljus når djupare in i bladverket än direkt strålning. Bättre ljusspridning ger ökad fotosyntes och tillväxt. Det finns också filter som förändrar förhållandet mellan rött och långvågigt rött. Förhållandet mellan dessa våglängdsområden påverkar sträckningstillväxten hos många växter. Plastfolier som reflekterar NIR (near infra-red) uppges kunna sänka lufttemperaturen upp till 4°C. (Castilla & Montero, 2008).

Tabell 1. Egenskaper hos plastfolier (BPI Agri, 2009)

Plastfolie	Ljustransmission	Transmission av PAR ¹⁰	IR-transmission	U-värde	Diffussion
	%	%	%	%	%
Polyeten (standard)	90	87	86	55	20
Luminance THB	87	83	43	90	>90

Vilka materialegenskaper som ska prioriteras beror naturligtvis på när på säsongen plastfolien ska användas och vilka ljusförhållanden som råder på platsen. Gemensamt för alla plastfolier är att UV-strålning verkar nedbrytande på plasten och påskyndar åldrandet.

3.2.5. Skuggväv och skuggfärg

Skuggväv minskar ljustransmissionen och således lufttemperaturen i tunneln. Som Castilla & Morales (2008) påpekar är det viktigt att PAR inte minskar eftersom det får effekter på produktiviteten. Enligt Haygrove tunnels (2009) kan skuggväv reducera ljusnivåerna med 30 % och minska lufttemperaturen med ca 5°C. Skuggväven fästs i tunneltaket eller läggs utvändigt på plastfolien.

⁹ Infraröd strålning.

¹⁰ PAR (Photosynthetic Active Radiation) är den del av ljuset som växterna kan använda för sin fotosyntes. Det finns närmare förklarat i bilaga 1.

Genom att spruta skuggfärg på plastfolien uppnås en liknande effekt. Skuggfärgen reflekterar ljuset och minskar ljustransmissionen vilket resulterar i lägre lufttemperaturer och minskad direkt solstrålning. Skuggfärgen påverkar med största sannolikhet plastfoliens åldrande i negativ riktning.

3.2.6. Givare – vad är viktigt!

Temperaturgivaren ska placeras där temperaturen ska mätas, vilket innebär att den bör vara mitt bland plantorna. För att värmestrålning från solen inte ska påverka mätningen ska givaren placeras i skugga, antingen under ett solskydd eller i en ventilerad låda.

Luftfuktighet kan mätas på två sätt. Ett sätt är att mäta den våta temperaturen och sedan jämföra den med torra lufttemperaturen och räkna ut den relativa luftfuktigheten. Ett annat sätt är att mäta luftfuktigheten direkt med hjälp av en elektronisk givare. Det förra metoden kräver ett visst underhåll eftersom en temperaturgivare måste hållas våt men är tillförlitlig och det är lätt att själv kontrollera givarna. Den senare metoden kräver inte samma underhåll men har den nackdelen att den behöver kalibreras i alla fall en gång per år (Möller Nielsen, 2008).

Ljusinstrålning kan mätas på olika sätt och inom olika våglängdsområden. Radiometrisk strålning är energin i ljuset, och mäts i W/m^2 . Fotometrisk strålning är ögats känslighet för olika våglängder och mäts i lux. Eftersom växters känslighet för synligt ljus skiljer sig från människors är det bäst att mäta antalet fotoner för att veta hur mycket ljus växterna får till sin fotosyntes. Det mäts i $micromol/m^2$ och sekund (Möller Nielsen, 2008). För att mäta hur mycket energi som solen tillför plasttunneln, dvs. strålningens värme kan det vara intressant att mäta den radiometrisk strålningen. Vill man istället veta hur mycket PAR (fotosyntetiskt aktiv strålning) som når plantorna är det antalet fotoner som ska mätas.

3.3. Erfarenheter från tunnelodling i Norden

I den följande texten lyfts sådant fram som är mest relevant vid produktion av hallon i plasttunnel.

3.3.1. Lite fakta

Odlarna har använt plasttunnlar mellan tre och nio år. Tunnelarealen är mellan 0,5 ha till 15 ha och odlingarna är belägna i Sverige och Norge – från Skåne i söder till mellersta Norge i norr. Alla som producerar hallon har sommarbärande hallonsorter. Två odlare har dessutom höstbärande sorter.

Generellt odlas det tre rader hallon i en 8 meter bred plasttunnel. Bäddarna är täckta med någon form av markväv (typ Mypex®) eller plast. I vissa fall finns det markväv eller plast mellan tunnarna också. Tunnarnas längd varierar mellan 50 och 200 meter.

Samtliga odlare använder 0,15 mm (150 mμ) plastfolie av polyeten eller EVA (etenvinylacetat). Två odlare kompletterar med ytterligare plastfolier. Det är diffuserande plastfolier (Kinglux, Illuminance) samt en plast som höjer lufttemperaturen vid tidig produktion (Energelux). En odlare har provat en plastfolie med IR-filter (Solatrol) men upplevde problem med hög luftfuktighet och senare skörd i dessa tunnlar. I växthus används skuggväv från maj månad för att hålla lufttemperaturen nere och skydda bären från solbränna.

Flera odlare har försökt placera tunnarna så att de står parallellt med den dominerande vindriktningen. Det är dock svårt att få en optimal placering eftersom man också måste ta hänsyn till dränering, marklutning, lä osv. De odlare som har hallon i plasttunnel har inte flyttat tunnarna. Däremot är det vanligt att flytta tunnarna efter 2-3 år vid jordgubbsproduktion.

3.3.2. Varför välja plasttunnel?

Anledningen till att odlarna har valt att ha delar av sin bärproduktion i plasttunnel skiftar. Leveranssäkerheten (dvs. möjligheten att skörda oavsett väderlek och även tidigt på morgonen eftersom ingen dagg) och bättre bärkvalitet är viktig. När det gäller produktion av höstbärande hallonsorter är plasttunnel också ett sätt att tidigarelägga skörden. Vid jordgubbsproduktion väljs plasttunnel i första hand för att tidigarelägga produktionen. Efter att ha odlat i plasttunnel ett tag framhävs dessutom den förbättrade kvaliteten och möjligheten att skörda oavsett väderlek.

3.3.3. Skötsel

För de odlare som vill komma igång med skörden tidigare dras plasten på så snart risken för snö är minimal. För alla odlare verkar det innebära i slutet på mars eller början på april. För en odlare fungerar plasttunnarna enbart som regnskydd vilket innebär att plasten dras på ett par veckor

innan skördestart. Det ger leveranssäkerhet samtidigt som behovet av att passa tunnlarna i flera månader undviks.

Allteftersom temperaturerna stiger öppnas gaveldörrarna och sidorna rullas upp. Under främst maj månad upplevs behovet vara stort av luftning eftersom dagstemperaturerna blir höga samtidigt som nattemperaturerna är låga. I början av juni eller när det är ca 20°C dagtid tar flera odlare bort sidoplasten och takplasten dras upp under varma dagar. På de lokalteter där skillnaden mellan dag- och nattemperatur är fortsatt stora tar det naturligtvis längre tid innan gavlar och sidor tas bort. Vid risken för nattfrost på våren skiljer sig förfarandet åt. En odlare stänger till tunnlarna över natten, medan andra odlare låter gavlar och sidor vara öppna. De odlare som låter gavlar/sidor vara öppna upplever att den lufrörelse som det ger upphov till hindrar frostsador. En odlare som producerar hösthallon låter tunneln vara stängd dagtid när det blir svalare på hösten, men luftar på natten. Det ökar luftfuktigheten och minskar risken för frost.

Generellt upplevs hallonplantorna bli väldigt höga i plasttunnlar och växthus, uppemot 4-5 meter är inte ovanligt. Internodavstånden blir långa. Det är vanligt att frukterna får skador i form av solbränna. När det är höga temperaturer och låg relativ luftfuktighet i plasttunnlarna ökar förekomsten av mjöldagg, växthusspinnkvalster och bladlöss väldigt snabbt.

Alla odlare upplever att de borde lufta mer än vad de gör under våren, och flera odlare upplever att de borde stänga till tunnlarna under sommaren mer än vad som görs. Alla odlare upplever att det är mycket arbetskrävande att odla i plasttunnel eftersom det kräver så mycket passning. Alla är också överens om att det vägs upp av högre avkastning och bättre bärkvalitet.

3.3.4. Klimatet, då?

Odlarna vill helst inte ha högre lufttemperatur i plasttunnlarna än 25-30°C. Några odlare använder sig av lufttemperaturen för att avgöra när det är dags att lufta, och då är riktvärdena 20-25°C. Men vanligtvis uppkommer de riktigt höga temperaturerna inte förrän mitt på sommaren (juni och framåt) och då är som regel gavlar och tunnelsidor borttagna och takplasten uppdragen till viss del hela tiden. Istället utgår odlarna ifrån väderprognoser och känsla för att avgöra när det är nödvändigt att dra ner takplasten för att skydda mot regn. De flesta odlare vill undvika att dra upp och ner sido- och takplast alltför mycket eftersom det är väldigt tidsödande.

Flera odlare har problem med låg relativ luftfuktighet på dagen när det är höga temperaturer. Ett par odlare upplever att det är ett problem med hög luftfuktighet på hösten

augusti/september), men dessa odlare tillstår även att luftning kanske inte skett i den omfattning som den borde. En odlare upplever att låg luftfuktighet förekommer på vår/höst när utomhustemperaturen är låg.

Två odlare har installerat högtrycksdysor i taket för att kunna öka luftfuktigheten när luften är torr. Dimdysningen sänker även lufttemperaturen. Den ena odlaren uppskattar att lufttemperaturen blir 2-3°C lägre när dimdysningen används och utgår ifrån den uppmätta relativa luftfuktigheten, lufttemperaturen samt känsla för att avgöra när det är dags att sätta på systemet. Vid höga temperaturer är dimdysningen igång en gång i timmen i 2-3 minuter mellan ungefär kl 11 och 16. Den andra odlaren utgår från lufttemperaturen och sätter igång dimdysningen när lufttemperaturen är 30°C eller mer. En odlare har för avsikt att göra försök i år med dimdysor som ska styras efter olika tidsintervall samt relativ luftfuktighet och lufttemperatur. Riktigt varma sommardagar upplever en odlare att det är något svalare i tunnlarna än utomhus. I växthus är luftfuktigheten inte ett problem eftersom ca 25 % av taket består av ventilationsluckor (ca 16% ventilationsgrad). Vid behov sker fuktighetsreglering genom att elda och lufta.

Alla odlare mäter lufttemperaturen i plasttunnlarna. Inte i alla tunnlar, men i några stycken. Vanligtvis är givaren digital och placerad på 1-1,5 meters höjd inne i tunneln. En odlare mäter även temperaturen inne i bladverket. Det förekommer även att givaren läggs direkt på marken. Två odlare har givare för att mäta den relativa luftfuktigheten, vilken då är placerad tillsammans med temperaturgivaren.

4 DISKUSSION

Jag börjar denna del med några reflektioner kring hur arbetet fungerat. Det finns få studier kring hur lufttemperatur, luftfuktighet och luftflöden varierar i plasttunnlar. Enligt uppgift ska de ledande tillverkarna ha tillgång till en del studier men trots upprepande försök har jag inte lyckats få kontakt med dem. Det innebär förstås att denna del blivit lite haltande. Det ska det även poängteras att forskningen kring hallon inte är speciellt omfattande. Vad gäller ljus finns det en del forskning kring dagslängdens betydelse för tillväxt och utveckling. Däremot saknas studier om vilken betydelse ljusmängd och ljuskvalitet har för tillväxten och utvecklingen. I

övrigt har arbetet krävt en rätt omfattande del kring klimatfaktorerna – något som tagit betydligt längre tid än vad jag tagit i beräkning. Dessvärre har det skett på bekostnad av att utforska metoder och teknik som skulle kunna användas för att reglera klimatet i plasttunnlar. En annan sak som slagit mig – i ett sent skede av arbetet – är att underförstått handlar arbetet om hur klimatet kan styras mot speciellt lägre lufttemperaturer. För odlare som är intresserade av att tidigare- och/eller senarelägga produktionen kan det istället vara av intresse att finna metoder för att höja lufttemperaturen och öka ljusinstrålningen. Av den anledningen kan jag tycka att frågeställningarna varit för breda och kanske vinklade åt fel håll. Fortsatta studier bör därför dra nytta av denna insikt och inriktas på antingen den ena eller andra problematiken. I det stora hela anser jag ändå att arbetets syfte uppfyllts.

Syftet med arbetet är att ge en översikt av möjligheterna att förbättra och anpassa klimatet i plasttunnlar under vegetationsperioden samt ta reda på hur hallon (*Rubus idaeus*) påverkas av olika klimatfaktorer. Två frågor har väglett arbetet: 1) vilken påverkan har lufttemperatur, luftfuktighet och ljusinstrålning på hallonplantors tillväxt och utveckling och 2) hur kan lufttemperatur, luftfuktighet och ljusinstrålning styras och mätas vid odling i plasttunnel.

För sommarbärande sorter anges 20-22°C vara optimalt för vegetativ tillväxt. Försök med höstbärande sorter indikerar att något högre temperaturer 22-27°C gynnar den vegetativa tillväxten såväl som tillväxttakten. I ett av försöken är blomutvecklingen snabbare och antalet blommor fler vid 27°C än vid lägre temperaturer. Försöken är gjorda i klimatkammare vid jämna temperaturer och därför bör de angivna temperaturerna inte ses som rekommendationer vid produktion i plasttunnel. Däremot utgör de viktiga steg i förståelsen av hur hallonplantan fungerar under olika betingelser. Vid odling under andra omständigheter (t.ex. i plasttunnel) bör skillnader mellan dag- och nattemperaturer samt ljusförhållanden också ha stor betydelse för den vegetativa tillväxten och utvecklingen. Det går i alla fall slå fast att temperaturen har en avgörande betydelse för tillväxten och utvecklingen hos hallon.

För sommarbärande sorter sker blominduktion och vila vid korta dagar (<15 timmar) och låga temperaturer (<15°C). När det gäller försök på höstbärande sorter visar sig dagslängd ha störst betydelse för hur snabbt blomningen sker. Det är önskvärt med en luftfuktighet mellan 65-75 % RH. Vid temperaturer över 25°C kan den relativa luftfuktigheten dock vara närmare 80-85 %.

Det visar sig att alla odlare upplever höga lufttemperaturer under varma, soliga dagar. De flesta odlare upplever också att tidvis blir luftfuktigheten för låg och/eller för hög. Utgår man ifrån att förhållandena (låg RH dagtid/hög RH nattetid) i figur 1 i Inledningen är representativa för sen vår och under sommarmånaderna betyder det att luftfuktigheten bör sänkas nattetid och höjas dagtid. Dessutom skulle det vara önskvärt att undvika de riktigt höga temperaturerna från 30°C och uppåt. Att luftningen sker i den omfattning som behövs, och är effektiv, är det huvudsakliga sättet att reglera lufttemperatur och luftfuktighet. Eftersom det är väldigt arbetsintensivt och dessutom otillräckligt för att hålla temperaturerna nere under varma soliga dagar behövs kompletterande metoder. De alternativ som lyfts fram i det här arbetet är utvändiga sprinkling av plastfolien, dimdysning, plastfolier med olika egenskaper och användandet av skuggväv/skuggfärg. Vilken metod som är att föredra beror förstås på syftet med att ha använda plasttunnel samt om det är sommar- eller höstbärande hallonsorter som odlas. Det skall även påpekas att flera av metoderna förutsätter att plastfolien inte är helt uppdragen för att vara effektiva. Dessutom är metoderna olika effektiva för att reglera lufttemperatur och luftfuktighet.

Flera odlare upplever att internodavstånden blir väldigt långa i plasttunnel. Generellt gynnas sträckningstillväxt av höga temperaturer, och framför allt positiv DIF dvs. att dagstemperaturen är hög och nattetemperaturen är låg. Sträckningstillväxten påverkas också av förhållandet mellan rött och långvågigt rött ljus. Kanske kan det långa internodavståndet delvis förklaras av att nästa års blombärande skott utsätts för en stor andel långvågigt rött ljus då de fruktbärande skotten absorberar det röda ljuset. För att konkurrera om ljuset sker en sträckningstillväxt hos de kortare skotten. Problemet skulle i så fall kunna åtgärdas genom att använda en plastfolie som ändrar förhållandet mellan det röda och det långvågiga röda ljuset.

Uppenbart är att många odlare litar mer på väderprognoser och känsla för när de ska lufta tunnarna än på mätvärden från tunnarna. I en del fall luftas tunnarna inte heller i den utsträckning som det skulle behövas. Orsakerna är säkert flera, men att det är väldigt arbetsintensivt spelar säkert stor roll. Lufttemperaturerna varierar i en och samma tunnel. Är tunneln lång eller om flera tunnlar står i bredd kan skillnaderna antas bli ännu större. Det är därför viktigt att mäta lufttemperaturen (och luftfuktigheten) på flera ställen i en tunnel. Att jämföra mätvärdena med uppmätta värden utomhus är också viktigt. Mätvärdena kan användas för att styra bevattningen och minska uppkomsten av vattenstress. Ju bättre tillgång på vatten desto högre transpiration har växterna, och transpirationen höjer den relativa luftfuktigheten. Om

mätvärdena sparas kan de användas till kommande säsong och för att göra jämförelser mellan odlingar. Givarna bör naturligtvis placeras under solskydd, och allra helst i en ventilerad låda, för att ge rättvisa värden. Att mäta ljusinstrålningen anser jag inte vara prioriterat, såvida givaren inte kopplad till någon form av automatiserad styrning av vävar eller plastfolie.

Det finns naturligtvis en mängd områden som skulle vara intressanta för vidare studier, men jag vill framhålla tre stycken. Förekomsten av skadegörare, speciellt mjöldagg, gråmögel, växthusspinnkvalster och bladlöss, påverkas i väldigt hög grad av lufttemperatur och luftfuktighet. Av den anledningen är det viktigt att närmare undersöka sambandet mellan skadegörarnas livscykel och olika klimatregimer. För att avgöra vilka metoder (utvändig sprinkling, dimdysning osv.) som är praktiskt genomförbara och bäst för att styra lufttemperatur och luftfuktighet vid produktion i plasttunnel är det viktigt att ta reda på vilken effekt de faktiskt har – var för sig och i kombination. Det kan göras i form av försök eller som en litteraturstudie. Speciellt kring olika plastfolier finns det mycket skrivet. För- och nackdelar med de olika metoderna kan med fördel också redovisas. Slutligen är det viktigt med större kunskap inom områden relaterade till hallonplantans fysiologi. Inverkan av ljusmängd och ljuskvalitet på tillväxt och utveckling är ett förslag.

5 SLUTSATS

- Optimal lufttemperatur för vegetativ tillväxt hos sommarbärande hallonsorter är 20-22°C. Höga temperaturer (<28°C) antas bromsa utvecklingen, pga. att vattenstress får klyvöppningarna att stänga och fotosyntesen att avstanna.
- Samverkan mellan korta dagar och temperaturer under 15°C får vegetativ tillväxt att avstanna hos Glen Ample. Blominitiering inleds om det juvenila stadiet passerats.
- Försök i klimatkammare visar att den vegetativa tillväxten hos höstbärande sorter gynnas av högre temperaturer, 22-27°C. Blomningen sker också snabbare vid högre temperaturer.
- Luftfuktigheten bör vara 60-75 % RH. Speciellt vid användande av biologisk bekämpning är det viktigt att den relativa luftfuktigheten inte är under 60 %. Vid temperaturer 20-25°C kan den relativa luftfuktigheten vara högre, 85 % RH.

- För lite ljus begränsar tillväxten på grund av sämre fotosyntes. Vilken ljusmängd som krävs för hallon är inte bekant. För mycket solljus värmer plasttunnlar och plantor till för höga temperaturer. Stark solstrålning ger solbränna på bären.
- I försök på höstbärande sorter har dagslängden effekt på hur snabbt blomningen sker. Däremot verkar dagslängd inte ha någon effekt på vegetativ tillväxt.
- Luftning, utvändig sprinkling av plastfolien, dimdysning, plastfolier med olika egenskaper och användandet av skuggväv/skuggfärg kan var för sig eller i kombination bidra till att sänka lufttemperatur och höja relativ luftfuktighet. Vilken metod som är att föredra beror förstås på syftet med att använda plasttunnel samt om det är sommar- eller höstbärande hallonsorter som odlas. Metoderna är också olika effektiva för att reglera lufttemperatur och luftfuktighet.
- Erfarenheter från odlare visar att bättre bärkvalitet och större leveranssäkerhet är två viktiga fördelar med att använda plasttunnel. Höga temperaturer och låg relativ luftfuktighet i tunnlar gör att förekomsten av mjöldagg, växthusspinnkvalster och bladlöss ökar *snabbt*. Att använda tunnel kräver mycket ”passning” och att lufta tunnlar är arbetsintensivt. Högre avkastning och bättre bärkvalitet uppväger större arbetsinsats.
- Dessutom skulle jag rekommendera odlare som funderar på att producera hallon i plasttunnel att tänka över vilka förutsättningar som finns på platsen där tunnlar ska anläggas. Oförutsägbart och skiftande väder kan kräva en stor arbetsinsats i form av att stänga/öppna tunnlar. Tillgången på arbetskraft bör också tas i beaktande.
- Vad ska uppnås med att ha produktionen i plasttunnel? Vilka egenskaper ska plastfolien ha för en sådan produktion? Gör ett aktivt val av plastfolie!
- Ha kontroll på lufttemperatur & relativ luftfuktighet för att undvika att stressa plantorna. För tillförlitliga värden placera givarna under solskydd och *där* temperaturen och den relativa luftfuktigheten ska mätas. Tänk på att lufttemperaturen varierar i en och samma tunnel – så placera givare på flera ställen.

REFERENSER

- Boulard, T., Wang, S., Hexaire, R., Kittas, C., Papadakis, G., Mermier, M. (1999) Air flow, temperature and humidity patterns in greenhouse tunnel. Proc. Models-Plant Growth Environments in Greenhouses. Bar-Yosef, B. & Seigner, I. (red.) Acta Hort. 507, 51-59.
- BPI Agri. Product Selector [online] Tillgänglig: <http://www.bpiagri.com> [090224]
- Carew, J.G., Hadley, P., Battey, N. & Darby, J. (1999) The Effect of Temperature on Vegetative Growth and Reproductive Development of the Primocane Fruiting Raspberry 'Autumn Bliss'. Proc. VII Int. Rubus-Ribes Symposium. Acta Hort. 505, 185-190.
- Carew, J.G., Mahmood, K., Darby, J., Hadley, P., Battey, N.H. (2003) The Effect of Temperature, Photosynthetic Photon Flux Density, and Photoperiod on the Vegetative Growth and Flowering of 'Autumn Bliss' Raspberry. Journal American Society Horticultural Science. 128, 3, 291-296.
- Carey, E., Jett, L., Lamont Jr, W.J., Nennich, T., Orzolek, M.D., Willians, K.A. (2009) Horticultural Crop Production in High Tunnels in the United States: A Snapshot. *Horttechnology*. 19, 1, 37-43.
- Castilla, N. & Montero, J.I. (2008) Proc. IW on Greenhouse Environmental Control & Crop Production in Semi-Arid Regions. Kubota, C. & Kacira, M (red.). Acta Hort. 797, 25-36.
- Dahlén, E. Tillverkare av plasttunnlar. Telefonsamtal 2009-02-05.
- Dale, A. (2008) Raspberry Production in Greenhouses: Physiological Aspects. Proc. IX Intl. Rubus and Ribes Symposium. Bañados, P. & Dale, A. (red.) Acta Hort. 777, 219-223.
- Damgaard Petersen, B. Norske erfaringer med hindbær i tunnel. *Frugt & Grønt*. April 2007b, 154-155.
- Demchak, K. (2009) Small Fruit Production in High Tunnels. *HortTechnology*. 19, 1, 44-49.
- Hanan, J.J. (1998) *Greenhouses – Advanced Technology for Protected Crops*. Boca Raton: CRC Press.
- Haygrove tunnels. Shade netting. [online]
Tillgänglig: http://www.haygrove.co.uk/pages/tunnels_shadenet.html [2009-02-27]
- Heiberg, N. (2008) Forsknings- och utvecklingschef. Gartnerhallen. Tillväxt Trädgårds kurs i professionell hallonodling, Helsingborg. Föredrag 2008-11-10.
- Heiberg, N. Forsknings- och utvecklingschef. Gartnerhallen, Norge. E-post 2009-01-29.

- Heiberg, N., Lunde, R., Nes, A., Hage, B. (2008) Long Cane Production of Red Raspberry Plants and Effect of Cold Storage. Proc. IX Intl. Rubus and Ribes Symposium. Bañados, P. & Dale, A. (red.) Acta Hort. 777, 225-229.
- Heidenrich, C., Pritts, M., Kelly, M.J., Demchak, K. (2007) High Tunnel Raspberries and Blackberries. Cornell University, Department of Horticulture Publication No. 47. [online] Tillgänglig: <http://www.fruit.cornell.edu/berry.html> [090126]
- Hemming, S., Mohammadkhani, V., Dueck, T. (2008) Proc. IW on Greenhouse Environmental Control & Crop Production in Semi-Arid Regions. Kubota, C. & Kacira, M (red.). Acta Hort. 797, 469-476.
- Ingram, D.S., Vince-Prue, D. & Gregory, P.J (red.) (2002) *Science and the Garden*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Koester, K & Pritts, M. Greenhouse Rsspberry Production Guide. Cornell. Department of Horticulture. Publikation 23. [online] Tillgänglig: <http://www.fruit.cornell.edu/Berries/ghrasp.pdf> [090126]
- Lamont, W.J. (2009) Overview of the Use of High Tunnels Worldwide. In: *HortTechnology*. 19, 1-29.
- Möller Nielsen, J (2008). Växthusteknik. I: Winter, C. & Brunnvik, C. (red.) (2008) Ekologisk odling i växthus. Kurspärm Jordbruksverket.
- Möller Nielsen, J. Cascada. Telefonsamtal 2009-02-23.
- Nilsson, A-K. Eriksgården. Intervju 2009-01-05.
- Nilsson, J. Ingelstorps Trädgård AB. Intervju 2009-01-06.
- Nilsson, P-O. Hallands Bär AB. Intervju 2009-02-09.
- Papaseit, P., Badiola, J. & Armengol, E. (1997) *Los plásticos y la agricultura/Plastics and agriculture*. Barcelona: Ediciones de Horticultura, S.L.
- Patel, R. & Davidson, B. (2003) *Forskningsmetodikens grunder. Att planera, genomföra & rapportera en undersökning*. Lund: Studentlitteratur.
- Pitsioudis, A., Latet, G. & Meersters, P. (2002) Out of Season Production of Raspberries. Acta Hort. 585, 555-560.
- Preece, J.E. & Read, P.E. (2005) *The biology of Horticulture. An introductory textbook*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

- Pritts, M.P. (2002) From Plant to Plate: How Can We Redesign *Rubus* Production Systems to Meet Future Expectations? Proc. 8th IS on Rubus and Ribes. Brennan, R.M et al. (red.) Acta Hort. 585, 537-543.
- Roy, J.C. & Boulard, T. (2005) CFD Prediction of the Natural Ventilation in Tunnel-Type Greenhouse: Influence of Wind Direction and Sensibility to Turbulence Models. Proceedings IC on Greensys. van Straten, G. et. al. (red.) Acta Hort. 691, 457-464.
- Svensson, B. Insamlade data från 2008. Arbetsmaterial. E-post 2009-02-13.
- Sønsteby, A. & Heide, O.M. (2008) Environmental control of growth and flowering of *Rubus idaeus* L. cv. Glen Ample. *Scientia Horticulurae*. 117, 249-256.
- Sønsteby, A. (2009a) Forskare. Bioforsk, Norge. E-post 2009-02-19.
- Sønsteby, A. (2009b) Forskare. Bioforsk. Nordisk frukt- och bärkonferens. Ystad 2-3 mars 2009. Föredrag 2009-03-09.
- Torstensson, H. VD, Hans Torstensson i Ullstorp AB. Intervju 2009-01-30.
- Westlund, A. Aquadrip. Telefonsamtal 2009-02-23.
- Willson-Sjöberg, B. Odlare. Intervju 2009-02-05.

BILAGOR

Bilaga 1 – Energi, fukt & ljus

Energi

Termodynamikens första huvudsats är: Energin är oförstörbar och kan inte nyskapas.

Termodynamikens andra huvudsats är: Värme kan inte av sig själv övergå från materia av lägre temperatur till materia av högre temperatur.

Plasttunnelns energibalans är summan av all värme som flödar in och ut ur tunneln.

Tillförd värme är värme från solen och växternas respiration. Värme försvinner via luftning och kallt bevattningsvatten.

Värmekonvektion är den process då värme övergår från en fas till en annan dvs. när värme går från till exempel luft till blad eller vice versa. Det är luftströmlarna närmast bladet som påverkar värmekonvektionen. Ju kraftigare luftströmlar, desto lättare har värmen att övergå från luft till blad och tvärtom. Värmeförlusterna är därför större när luftströmlar förekommer.

Värmeledning är när värme leds i ett material. Olika material har olika stort motstånd mot värmeledning.

Fuktteori

Luftfuktigheten brukar anges som relativ luftfuktighet. Relativ luftfuktighet (RH) är förhållandet mellan luftens ånghalt (hur mycket vatten i form av vattenånga som luften innehåller) och dess maximala ånghalt. Den maximala ånghalten anger hur mycket vattenånga som luften kan innehålla maximalt. Varm luft kan hålla mer vattenånga vilket gör att den maximala ånghalten ökar med lufttemperaturen. Således ökar även den relativa luftfuktigheten trots att ånghalten är oförändrad.

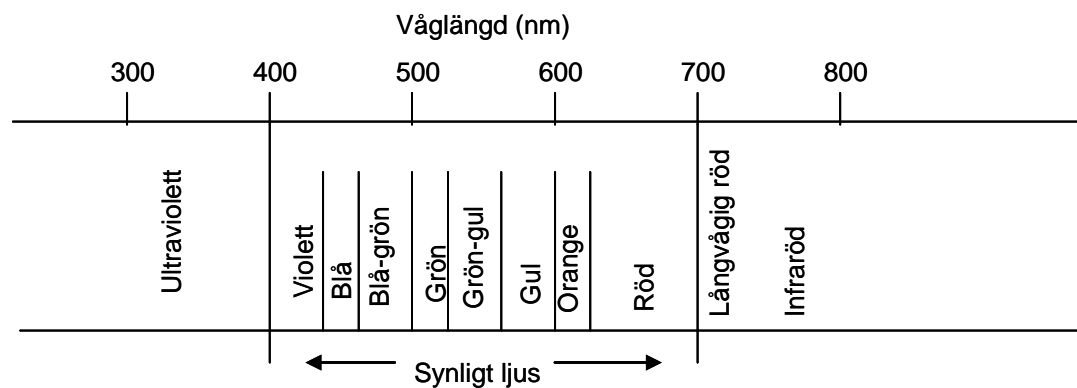
Ju varmare luften är desto mer vattenånga kan den hålla. När temperaturen i en mättad luft sjunker minskar luftens förmåga att hålla vattenånga. När gränsen är nådd för vad luften kan hålla vid en viss temperatur kommer överskottsvattnet att kondensera. Kondensering kan också ske när luften kommer i kontakt med en yta som har lägre temperatur än luften, och då bildas kondensdroppar. Det sker på nätterna när luften, som värmts under dagen och tagit åt sig mycket vattenånga, kyls mot växter och mark. Denna form av kondens kallas dagg. Vid snabba

temperaturhöjningar (exempelvis soliga morgnar) då luften tar upp mer fukt kan den fuktiga luften kondenseras på ytor (frukt) som fortfarande är kalla. Vid kondensering avges energi till den yta där kondenseringen sker. Förångning, dvs. motsatsen, kräver energi. Till exempel innebär växternas transpiration att vävnaderna avger energi och därför sänks bladtemperaturen.

Växters transpiration beror på ånghalten i två system – luften och luften innanför plantans klyvöppningar. Ånghalten kan ses som ett tryck, ångtrycket, som får vattenånan i luften att röra sig från ett högre tryck till ett lägre. Luften innanför klyvöppningarna håller samma temperatur som växten, och luften är alltid mättad med vattenånga (annars har växten brist på vatten). Vanligtvis är bladtemperaturen samma som lufttemperaturen. Luftens ångtryck kan variera men är ofta lägre än det som ångtryck som råder innanför klyvöppningarna. Om bladtemperaturen är högre än lufttemperaturen förstärks skillnaderna i ångtryck och transpirationen ökar. Det som driver transpirationen är alltså skillnaden mellan växtens ångtryck och luftens ångtryck. För att sänka luftens ånghalt måste vatten föras bort. En metod är att ersätta den fuktiga luften med torrare luft utifrån.

Ljus

Ljus är elektromagnetisk strålning och finns inom våglängdsområdet $10\text{ nm} - 10^6\text{ nm}$. Synligt ljus är inom våglängdsområdet $380\text{ nm} - 780\text{ nm}$ (eller $400\text{ nm} - 700\text{ nm}$ beroende på källa). Det är bara det synliga ljuset som växterna kan använda för sin fotosyntes. Det kallas även för PAR (Photosynthetic Active Radiation).



Figur 2. Det elektromagnetiska spektrumet mellan 400-800 nm. PAR är mellan 400-700 nm.

För växter är tre aspekter av ljuset viktiga. 1) Ljuskvantitet, dvs. den ljusmängd som når bladet. Ljusmängden är en funktion av hur lång tid en viss ljusintensitet förekommer. 2) Ljuskvalitet anger inom vilket våglängdsområde ljuset är. 3) Dagslängd (fotoperiod) är antalet ljustimmar varje dygn.

Ljus inom olika våglängdsområden påverkar växter på olika sätt. Till exempel påverkar förhållandet mellan rött (660 nm) och långvågigt rött ljus (730 nm) växters form och höjd. Plantor som utsätts för mycket långvågigt rött ljus brukar få långa internodavstånd och mindre blad. Solljus innehåller lika mycket rött och långvågigt rött ljus men 90 % av det röda ljuset absorberas av växterna medan enbart ca 2 % av det långvågiga röda. Blad högt upp på plantan absorberar en stor andel av det röda ljuset medan blad längre ner/kortare plantor nås av filtrerat ljus där andelen långvågigt ljus är betydligt större. Denna försämrade ljuskvalitet stimulerar sträckningstillväxt hos de korta plantorna som därmed ökar sin konkurrensförmåga för att kunna konkurrera om ljus av bättre kvalitet. Genom att öka det röda ljuset i förhållande till det långvågiga röda går det att minska denna sträckningstillväxt.

Ovanstående text baserar sig på uppgifter från Möller Nielsen (2008), Hanan (1998) och Preece & Read (2005).

Bilaga 2 - Frågeguide

Hur länge har du odlat i tunnel? Areal? Typ av tunnlar? Längd, bredd, höjd? Typ av plastfilm? Typ av odlingssystem. Radavstånd, plantavstånd. Kruka/direkt i marken. Ev. marktäckning.

Vid placering av tunnlar – tog du hänsyn till dominerande vindriktning, markens lutning, vädersträck? Kommer du att flytta dina tunnlar? Om ja, hur tänker du med växtföljd?

Vad är den huvudsakliga anledningen till att du odlar i tunnel? När dras plasten på?

Hur gör du för att reglera klimatet i tunnlar? (luftning, dysbevattning, fläktsystem) Hur effektivt är det? Hur avgör du när det är dags att ventiler? (RH%, °C) Tidsåtgång? Antal personer?

Vilken typ av givare använder du för att mäta temperatur, luftfuktighet och ljusinstrålning. Var är de placerade?

Hur påverkas plantorna vid för höga temperaturer och hög/låg luftfuktighet? Märker du att plantan är känsligare vid någon tidpunkt i sin livscykel?

Finns det några svårigheter med tunnelodling? Bästa/sämsta med tunnelodling.

Kommer du att utöka tunnelarealen? Kommer du att börja med någon ny kultur i tunnel?

Rekommendationer till någon som skulle vilka börja odla i plasttunnel.

Slutligen, är det OK att ha med ditt namn i examensarbetet?